(26) CXR x a

OSSERVAZIONI

SULLA VARIAZIONE DI TEMPERATURA DEL CORPO UMANO

PRODOTTA DAL MOVIMENTO

NOTA

DEL PROF. EMILIO VILLARI

BOLOGNA
TIPI GAMBERINI E PARMEGGIANI
1880

Estratta dalla Serie IV. Tomo I. delle Memorie dell' Accademia delle Scienze
dell' Istituto di Bologna, e letta nella Sessione 27 Novembre 1879.

Una ricerca oramai famosa dell' Hirn collega felicemente la termogenesi animale alle odierne teorie della meccanica del calore. Egli, con esperimenti assai ingegnosi, dimostra come ogni grammo d' ossigeno inspirato, combinandosi nell' interno dell' organismo umano, mette in libertà all' esterno dell' organismo istesso 5 calorie, quando l'uomo è in riposo. Invece se l' individuo ascende, sollevando il proprio corpo, esso assorbe molta maggior quantità d' ossigeno che nel caso antecedente; però ciascun grammo d' ossigeno svolgerà allora all' esterno 1, 7 calorie circa, avendo in compenso l' uomo prodotto un lavoro positivo, espresso dal peso del corpo per l' altezza alla quale fu sollevato. E finalmente l' Hirn avendo fatto discendere il paziente, trovò che l' ossigeno assorbito era minore che nel secondo caso, ma il calore prodotto da ciascun grammo di quello era di 6 a 7 calorie. Dal che si inferisce che quando l' uomo ascende l' *equivalente termico* (1) dell' ossigeno è minimo, perchè parte del calore delle azioni chimiche si trasforma in lavoro meccanico: nel caso della discesa detto equivalente è massimo, imperocchè al calore delle azioni chimiche s'aggiunge quello meccanico dello spegnersi del lavoro dell' uomo che discende; e finalmente quello dell' uomo in riposo deve essere ed è realmente, ai due precedenti lavori medio in quantità.

Se tali sono le modificazioni che il movimento induce nella produzione del calorico animale, quali sono quelle che la temperatura dell' uomo patisce per effetto dello stesso movimento?

(1) Chiamo per brevità *equivalente termico* dell' ossigeno il calòrico messo in libertà da esso nell' organismo umano e misurato dall' Hirn.

Alcune antiche esperienze del Davy ci dicono che col movimento la temperatura alle parti periferiche dell' uomo (mani ascella ecc:) s' accresca assai più vistosamente che non nelle parti centrali, p. e. nella bocca. Il Beclard a buon diritto però ci fa notare che le variazioni di temperatura, le quali si manifestano nei muscoli e quindi nell'organismo, sono dovute a fenomeni complessi. Ed infatti fa osservare che nel movimento dei muscoli, e quindi del corpo degli animali, va considerato il genere di lavoro che essi eseguono : giacchè se essi producono un lavoro positivo, il sollevamento d' un peso, p: e: vi deve essere trasformazione di calore in lavoro e però diminuzione di calore e di temperatura: per lo contrario, se essi producono un lavoro negativo vi deve essere in essi maggiore sviluppo di calorico, imperocchè in questo caso parte del lavoro si trasforma in calore. Dopo di che il Beclard passa agli esperimenti e trova, che il gastrocnemio di una rana si riscalda, meno quando per una eccitazione si contrae sollevando un peso, e più quando la contrazione è impedita, per essere fissato l' arto immobilmente. Quindi studia la temperatura del bicipite brachiale dell' uomo, presa esternamente con dei termometri, ed afferma (1) che il bicipite, quando solleva un peso (contrazione dinamica) e produce così un lavoro positivo, si riscalda meno di quando tiene stabilmente sollevato ed immobile il medesimo peso (contrazione statica): e la differenza sarebbe di 0°,18.

Se il braccio poi solleva ed abbassa alternamente il peso, il muscolo invece si riscalda egualmente che nella contrazione statica ; e ciò l' A. interpreta ammettendo, che il muscolo nel sollevare il peso si raffredda di tanto di quanto si riscalda nell' impedire la rapida discesa del peso istesso.

Queste due serie d' osservazioni sono fra loro perfettamente concordanti e, come si rileva da ciò che precede, il Beclard discutendole le mette in relazione con la termodinamica come nel caso delle esperienze dell' Hirn qui sopra citate.

Queste esperienze del Beclard però e l' interpretazione ch' egli ne dà non pare sieno ammesse da tutti i fisiologi; e fra gli altri Haindenhein (2) ritiene che la differenza di temperatura nel muscolo non vi debba essere quando esso solleva od impedisce la rapida caduta d'un peso giacchè, dice egli, in entrambi i casi il muscolo fa ad un dipresso sempre il medesimo sforzo. Ed a vero dire, oltre che riesce difficile il comprendere l'interpetrazione termodinamica data dal Beclard del fenomeno in quistione, io mi penso che il bicipite debba fare uno sforzo maggiore e consumar maggiore energia se impedisce la rapida caduta d' un peso eguale a 10 p. e. di quello che fa nel sollevarne uno eguale a 5, e perciò dovrebbe, seguendo le idee del Beclard, riscaldarsi meno nel far discendere il corpo che nel sollevarlo: il che non concorderebbe colle esperienze del Beclard medesimo. Ed inoltre, se supponiamo che il braccio tenga librato in aria il massimo peso, p. e. 10 K., che esso possa sostenere; è

(1) Beclard fisiologia. Paris 1866 p. 466.

(2) Compara Dufour Constance de la force Lusanna p. 29 1865.

chiaro che un piccolissimo accrescimento di peso farà discendere il corpo; ed invece una diminuzione sua anche piccolissima renderà atto il braccio a sollevar quel peso. Ora in tutti questi vari casi l' azione del muscolo, con piccolissima differenza, è sempre la medesima, e difficilmente si riesce a comprendere la variazione di temperatura indicata dal Beclard con la sua teoria.

Tuttavia a me non pare che la quistione possa risolversi col semplice ragionamento, imperocchè il muscolo quando lavora e si contrae è sede d' azioni chimiche assai più energiche che quando è in riposo, le quali debbono da sè sole modificare la sua temperatura (1): egli è perciò necessario ricorrere alle esperienze e determinare senza preconcetti l' effetto dei vari movimenti sulla temperatura medesima.

L' Heidenhein sperimentò in proposito sopra un gastrocnemio di rana isolato e trovò, che esso eccitato dalle scariche indotte emette calore quando contraendosi solleva un peso: e detto calore cresce un po' col peso che solleva. Ed inoltre l' A. ha ancora osservato, che per eccitazioni eguali il muscolo svolge più calore quando si contrae che quando la contrazione è impedita (2). Il quale risultato è diametralmente opposto a quello ottenuto e discusso dal Beclard.

A me è parso utile di fare delle nuove ricerche per stabilire possibilmente la relazione che passa fra il movimento e la temperatura dell' uomo. Ed in queste indagini, piuttosto che osservare le variazioni di temperature d' un dato muscolo, m' è parso bene studiare quelle che subisce l' intiero organismo umano quando esegue energici e prolungati movimenti. In questa maniera operando, le variazioni di temperatura debbono, io mi pensavo, essere abbastanza estese, per potersi misurare senza errori sensibili: e l' organismo inoltre trovandosi nel suo stato perfettamente normale i risultati che s' ottengono debbono essere assai esatti. Ed è d' altronde evidente, che la temperatura animale deve essere in intima relazione con quella dei muscoli, imperocchè il sangue che li nutre porta e diffonde in quello la variazione di temperatura di questi.

Nella decorsa estate adunque avendo eseguito varie escursioni Alpine ebbi agio di studiare la variazione di temperatura, prodotta dall' esercizio, in un uomo sano di circa 40 anni di età, di temperamento nervoso e di circa 70 chilogrammi di peso. Prima però di eseguire dette misure io credetti necessario di fare alcune osservazioni preliminari, per determinare nell'uomo la maniera più adatta ed agevole per misurare la sua temperatura nelle varie circostanze.

(1) È dimostrato in fisiologia, che quando un muscolo lavora e si contrae assorbe ossigeno ed emette acido carbonico in maggior quantità di quando è in riposo. Ed Helmholtz ha visto pel primo che un muscolo che ha molto lavorato e si è energicamente contratto molte volte, contiene più sostanze solubili nell' alcool e meno sostanze che si sciolgono nell' acqua, in confronto a quelle che ne aveva avanti le contrazioni.

(2) Queste citazioni dell' Heidenhein sono ricavate dall' opuscolo di Marc Dufour « La costance de la force. Lausanne 1865: nel quale sono riferite molte esperienze dell'Heindenhein, ricavate dalla sua memoria originale che ha per titolo Mechanische Leistung, Warmeentwicklung und stoffumsatz bei der Muskelthätigkeit. Leipzig 1864.

Per tale scopo mi provvidi di due termometri clinici a massimo con piccoli bulbi, che avevano segnati i decimi di grado centigrado sulla scala, e permettevano d' apprezzare anche i ventesimi di grado senza difficoltà. Essi termometri furono comparati fra loro così, che le indicazioni di entrambi si corrispondono perfettamente. Con detti termometri cominciai a determinare la temperatura della palma della mano tenuta strettamente chiusa e del cavo ascellare; e m' ebbi subito a convincere che la temperatura delle due suddette cavità non è mai costante ed i termometri in esse rinchiusi, con grande stento e lentezza segnano la temperatura fissa. Ed inoltre osservai reiterate volte, che la temperatura delle due cavità indicate, e più specialmente quella della mano variano sensibilmente, a seconda che il paziente si trova in un' aria agitata o tranquilla, calda o fredda, esposto al sole od all' ombra ecc. Per le quali cagioni riusciva cosa difficile ed incerta fare uno studio della temperatura dell' uomo osservando quella della mano o del cavo ascellare.

Poscia misurai la temperatura del paziente ponendo il bulbo del termometro sotto la sua lingua, ed ottenni così delle indicazioni assai costanti ed esatte, nel caso che egli era in riposo da qualche ora e perfettamente tranquillo: ma se per l' esercizio aveva accelerato la respirazione, e molto più ancora se si trovava in moto, riusciva cosa lunga e difficile determinare con esattezza la temperatura sua nel modo indicato. Ed invero per una respirazione accelerata l' aria, generalmente fresca, passa in parte per la cavità della bocca e la raffredda; nè forse può essere del tutto priva d' influenza quella che entrando per le fosse nasali penetra nella laringe attraverso la retro-bocca. Così che avendo io fatto un giorno sul S. Bernardino una semplice passeggiata di 45', trovai che la temperatura presa al disotto della lingua, subito dopo la escursione, era di 35,3 e poscia lentamente crebbe a 36,2; e così rimase stazionaria. Perciò a voler in tal modo determinare la temperatura dell' uomo, dovrà porsi il termometro sotto la lingua e tener la bocca chiusa per 3 o 4 minuti; ed anche in tale maniera, in caso di respirazione accelerata, l' osservazione forse non è del tutto rigorosa.

Dopo le quali indagini io, volendo sempre trovar la maniera di determinare la temperatura dell' uomo con modo facile e sicuro e sopratutto al coperto da ogni errore accidentale, istituii sul paziente diverse misure di confronto, fra la temperatura presa sotto la lingua a bocca chiusa, la temperatura del retto (circa 10^c internamente) e quella dell' uretra, nella quale introducevo il termometro per circa 10^c e quindi prendevo la temperatura, dopo che dal paziente erano state emesse le urine. Ora eseguite con accuratezza queste tre diverse misure sul paziente che trovavasi in perfetta quiete ottenni i seguenti dati numerici:

9 agosto, 9 a. 1879 — Stazione S. Bernardino altezza 1614 m.

Temperatura	dell' uretra	36,5
„	del retto	36,5
„	della bocca	36,5

10 agosto 6 a. id. id.

Temperatura	dell' uretra	36,7
„	del retto	36,7
„	della bocca	36,6

Da questi dati rilevasi che nello stato di riposo dell' individuo la temperatura delle suindicate tre cavità è in tutte la stessa e perciò esse realmente indicano la temperatura delle parti interne del corpo umano. È da notarsi però che nella bocca il termometro fu tenuto per più minuti di seguito, per le ragioni che si dissero, onde avere indicazioni concordi: ciò non pertanto nell' ultimo esempio citato si nota anche per questa cavità che la temperatura fu d' 0,1 inferiore alle altre due: differenza che certo si accentua maggiormente nel caso che il paziente abbia accelerata la sua respirazione. La temperatura invece determinata nel retto e nell' uretra, nel modo che si è detto, fu trovata sempre la stessa: per cui queste due cavità sono adatte per simile genere di misure; ed io in esse ne eseguii molte nelle varie escursioni che feci. Se non che è da avvertire che le misure s' eseguono più facilmente nell' uretra, ed il termometro indica la massima sua temperatura, appena che si sia emessa una piccola quantità d' urina. Per le quali ragioni io preferii di fare tali misure nell' uretra, e perciò i dati numerici che citerò quì in seguito tutti ad esse si riferiscono.

Ciò premesso dirò come io cominciai le mie osservazioni; ed in prima, per avere un termine di confronto, misurai varie volte la temperatura, nel modo suindicato, quando il paziente era in riposo ed ottenni fra gli altri i seguenti risultati :

S. Bernardino 1614 m.	9 agosto 9° a.	Temperatura	36,6
	10 „ 6 a.	„	36,7
Parpan (1500 m.)			
	16 agosto 11 a.	„	37,3
	7 p.	„	36,8
Luogo non indicato	10 p.	„	36,65
		media	36,8

Da questi dati adunque risulta che la temperatura media del soggetto studiato da me era di 36,8 con una variazione massima di + 0,5 c. e — 0,2, dovuta alle condizioni varie in cui si trovava l' organismo.

Dopo le quali osservazioni misurai la temperatura del paziente dopo un più o meno grande esercizio ed ottenni i dati seguenti, che sono relativi solo ad alcune poche delle mie osservazioni, che furono moltissime.

I. — 20 agosto. Dopo 1° 30′ di ripida discesa: dalla cima dello Staetzerhorn 2576 m. a Parpan 1500 m. Dislivello 1076 m.

ore 2 p. Temperatura 38,1

In questa discesa si spensero, in numero rotondo, 75,000 Km. di lavoro e quindi si produssero dallo individuo meccanicamente circa 173 calorie.

II. — 27 agosto discesa dal Pitz Pazzola, 2582 m. a Sedrun 1395 m. Dislivello 1187 m.

circa 1° p. Temperatura 38,15

In questa discesa si spensero circa 83,100 Km. di lavoro, percui il paziente produsse meccanicamente circa 190 calorie

III. — Discesa dal monte Prosa (2738 m.) al S. Gottardo (2093 m.) Dislivello 645 Temperatura 37,9

Lavoro trasformato circa 45,000 Km. calorie svolte circa 104.

IV. — Discesa poco ripida dalla Furca (2436 m.) a Gletsch (1753 m.) Dislivello 683 m.

ore 2,30 p. Temperatura 38,1

Lavoro trasformato 48000 Km. e calore prodotto circa 110 calorie.

V. — Discesa lieve dal piccolo Sidelhorn (2766 m.) al Grimsel 2175 m. Dislivello 591 m.

Temperatura 37,7

Lavoro trasformato circa 41,000, calorico prodotto circa 94 calorie.

E senza citare ulteriori esempi dirò che da tutte le osservazioni precedenti risulta chiaro che durante la discesa il corpo umano si è riscaldato sempre e costantemente: e prendendo la media dei numeri precedenti la si trova eguale a 37.° 99: percui la temperatura del paziente per effetto della discesa si è elevata di 1°,19 sulla media di riposo. E questo fatto concorda pienamente con la teoria del Beclard, imperocchè nella discesa una enorme quantità di lavoro si è spento ed ha svolto una corrispondente quantità di calorico, che si è manifestato con l' aumentata temperatura del paziente.

Veniamo al secondo punto della quistione e vediamo quale è l' influenza dell' ascensione sulla temperatura dell' uomo. Le misure furono fatte alla solita maniera ed ascendendo in generale i luoghi più sopra citati; ed i risultati ottenuti furono i seguenti

I. — 19 agosto. Dopo una salita di circa due ore in vicinanza di Parpan

Temperatura 38,0

II. — Ascensione al Piz Pazzola da Sedrun Dislivello 1395 m.

Temperatura 38,0

Lavoro eseguito circa 83,100 K.m., calore assorbito circa 190 calorie

III. — Ascensione dal S. Gottardo al monte Prosa Dislivello 645

Temperatura dopo la montata 38,15

Lavoro eseguito circa 45,000 Km. calorie assorbite circa 104.

IV. — Ascensione da Sedrun alla Furca Dislivello 1041. Salita lieve 6° ore di cammino

Temperatura dopo la montata 38,3

V. — Ascensione da Gletsch al Piccolo Sidelhorn Dislivello 1013

Temperatura dopo la montata 38,2

Lavoro eseguito 70,000 Km. circa, calore consumato 160 calorie circa (1).

E senza aggiungere nuovi esempi potremo dire che dopo l' ascensione il corpo umano si riscalda sensibilmente: percui prendendo la media di tutti i numeri precedenti noi avremo che la temperatura dopo la salita fu 38.°,13, la quale supera la media del riposo di 1°,33. Dunque la temperatura del corpo si accresce di 1,33 dopo che l' uomo ha eseguito un enorme lavoro, ed ha perciò trasformato una grande quantità di calore. Ed anzi è degno di nota, che nella ascensione il riscaldamento supera di 0,14 quello che si manifesta dopo la discesa; e tale differenza in più apparisce ancora maggiore se noi consideriamo, che alla sommità dei monti la temperatura è sempre assai bassa rispetto al piano, percui anche quella del corpo umano deve partecipare a questa minore temperatura dell' ambiente e raffreddarsi. Ora questo fatto, parmi non si possa in modo alcuno interpretare con le idee del Beclard (2).

(1) In queste determinazioni del lavoro spento o prodotto noi abbiamo tenuto conto solo di quello dovuto al montare o discendere del paziente, senza considerare quello che l'uomo fa nel trasportarsi orizzontalmente perchè esso lavoro, sebbene grandissimo pure verificandosi egualmente nella salita e nella discesa (che furono generalmente fatte sulla stessa strada) influirono nello stesso modo sulle temperature finali (*).

(2) Qui però è necessario, per debito d'imparzialità, ricordare alcune osservazioni del Dufour l. c. p. 58) fatte col medesimo scopo di determinare l' influenza dell' esercizio sulla temperatura del corpo umano. Le osservazioni del Dufour furono eseguite dopo aver montato o disceso una scala assai inclinata di $17^m,35$ d' altezza verticale e di $21^m,04$ di lunghezza: le temperature erano osservate con un termometro che faceva apprezzare i cinquantesimi di grado ed era posto nella cavità ascellare. Le misure erano eseguite come si disse dopo la montata o la discesa della scala e l' equilibrio del termometro, dopo ogni serie di movimento, si otteneva trascorsa circa 15 minuti primi. I risultati possono così riassumersi

I	Temperatura massima dopo la			*montata*	36,98
		«	«	*discesa*	37,16
II		«	«	*montata*	36,95
		«	«	*discesa*	37,02

Sicchè in media la temperatura dopo la montata sarebbe 36°,97 e dopo la discesa 37,09 differenza in più per la discesa 0,12: differenza assai piccola ma pur sufficiente se fosse sicura. Però io ho

(*) Per dare una idea del consumo di forza che esige la locomozione orizzontale, dirò che il Thury fondandosi su un apprezzamento di Saussurre, che dice che un' ora di cammino in piano equivale in lavoro muscolare alla ascensione di 400 m.; e su quelle di altri con queste assai concordate, ammette che per 1 m. di cammino orizzontale un uomo di media taglia sviluppa 7,3 Km. di lavoro.

Dopo le quali cose parmi potersi affermare che le mie osservazioni, concordanti con quelle fatte in modo totalmente diverso dall' Heidenhein, meritano grande confidenza, tanto più perchè sono state eseguite con gran rigore, su vastissima scala ed i risultati ottenuti sono assai cospicui. E perciò parmi potersi ritenere come sicuramente dimostrato, che il corpo umano si riscalda tutte le volte che produce un lavoro, sia negativo sia positivo, e più nel secondo che nel primo caso. Il che poi è anche dimostrato dall'osservazione volgare e giornaliera, giacchè tutti sappiamo che ci riscaldiamo di più quando si ascende che quando si discende un monte, ed in tutti e due i casi studiamo e lavoriamo di più che stando fermi.

Ora l' interpretazione di questi fenomeni non può ricavarsi dai soli principii di termodinamica, come per avventura vorrebbe il Beclard, imperocchè i fenomeni dell' organismo sono assai complessi ed intricati; e per darci ragione delle suindicate variazioni di temperatura bisogna considerare le condizioni dell' organismo istesso nelle varie fasi delle esperienze: ed è evidente che dette variazioni debbono essere in intima relazione con l' attività della respirazione e del circolo sanguigno.

Ora io nelle mie osservazioni ho notato che i battiti del polso e la respirazione s' accelerano assai di più nel montare che nel discendere una montagna; e perciò la respirazione e le azioni chimiche devono necessariamente essere più attive nel primo che nel secondo caso. Così ho osservato che nello stato di riposo il mio polso dava 74 pulsazioni al minuto, ed eseguivo 17,5 inspirazioni in un minuto primo. Dopo una leggiera montata di 1 ora le pulsazioni erano 95 e le inspirazioni 21 in un minuto: e per lo contrario dopo essere io ritornato per la medesima via, alla fine della strada le pulsazioni erano solo di 85. e le inspirazioni 19 a minuto. Ma le esperienze più estese ed i risultati più completi in proposito si devono allo Smith (1), il quale ha misurato la quantità di aria respirata in un

già indicato le difficoltà ed incertezze che s'incontrano a far le misure di temperatura nel cavo ascellare; difficoltà certo accresciute dal tempo lungo che bisognò aspettare nelle osservazioni del Dufour, per ottenerle; ed esse sarebbero state al certo più sicure e precise se fossero state eseguite nel retto; ed il Dufour le eseguì infatti anche in quella cavità, ma io qui non ne trascrivo i risultati perchè l'A. stesso non le crede degne di confidenza e dice per esse « nous nous assurâmes bientôt que ce moyen est entaché de causes d' erreurs assez fortes pour que les resultats acquis meritent peu d' être pris en consideration »

Il Dufour cita poi anche a p. 56 un' osservazione fatta dal Davy, che collimerebbe con le sue e con la quale il Davy trova la temperatura sotto la lingua e quella della mano dell' uomo essere di 36,6 dopo una salita di 20' e di 36,9 dopo la discesa. Però « non avendo il Davy » dice il Dufour « avuto in mira d' osservare l' influenza dei diversi lavori sulla temperatura, le indicazioni di questa osservazione unica sono assai scarse »: perciò a me pare che quella osservazione non merita piena confidenza; tanto più che riesce difficile persuadersi come la temperatura sotto la lingua e quella del cavo della mano sieno le medesime.

(1) Edimburg med. Journal V gennaio 1859 citato da Dufour.

dato tempo da un uomo posto in diverse condizioni, ed ha trovato che dette quantità sono nelle proporzioni seguenti:

Stato del paziente	Quantità di Aria respirata
A letto	1,00
Discendendo $^2/_5$ di miglia l' ora	3,43
Ascendendo $^2/_5$ „ „	4,40

Questi dati mostrano che la respirazione dell' uomo è minima quando è in riposo, media quando discende ed è massima quando esso ascende. I quali risultati insieme a quelli del Hirn, citati in principio di questa nota, ci danno l' interpretazione delle variazioni di temperature da me osservate.

Ed infatti quando l' uomo ascende e produce un lavoro positivo il coefficiente termico dell' ossigeno che egli assorbe decresce e la temperatura dovrebbe abbassarsi; però la respirazione in questo caso s' accresce in proporzioni assai più rilevanti del diminuito coefficiente termico e quindi in realtà la temperatura si accresce, relativamente a quella del riposo.

Nella discesa invece il coefficiente termico s' aumenta di poco, la respirazione s' accelera anche essa, sebbene meno che nel caso precedente, e perciò la temperatura anche in questo caso deve aumentarsi; ed io l' ho ritrovato quasi eguale a quella osservato nell' ascensione. Vero è però che in questi fatti così complicati dell' organismo non si può istituire un calcolo per determinare la temperatura del corpo prendendo a base solamente i risultati del variato coefficiente termico dell' ossigeno e della modificata respirazione nei diversi casi.

Nè voglio terminar questa nota senza far rilevare che se è vero secondo Hirn che il coefficiente termico dell' Ossigeno aumenta nell' uomo, che fa un lavoro negativo, non se ne può inferire, come vorrebbe il Beclard, che la temperatura del muscolo, solo per questo debba aumentarsi; imperocchè il lavoro che si trasforma in calore, quando un uomo discende non deve necessariamente trovarsi solo nel muscolo, potendo trovarsi e trovandosi certamente in parte almeno là dove l'uomo urta col piede per fermare la rapida caduta del suo corpo. L'Hirn misurava tutto quanto il calorico del paziente, messo tutto intiero in una specie di calorimetro e le sue deduzioni furono esatte; ma ripeto non si può con la semplice termodinamica risalire a determinare le variazioni termiche di un muscolo che lavora in un senso o nell' altro, essendò detto lavoro accompagnato da grandi modificazioni dell' attività chimica dei muscoli stessi.